Archive of SID

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۹، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۱۹

ص ۱۲۱-۱۳۱

استفاده از نمایه‌های آناتومی چوب برای بررسی تأثیر اقلیم بر درختان توسکای قشلاقی (مطالعهٔ موردی: پارک جنگلی آستارا)

❖ **رضا اولادی**[*]؛ استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
❖ **سعیده نصیریانی**؛ کارشناس ارشد، بیولوژی و آناتومی چوب، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
❖ **افشین دانه‌کار**؛ دانشیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
❖ **کامبیز پورطهماسی**؛ استاد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

چکیده

با آنکه در سال‌های اخیر، پژوهشگران به بررسی تأثیر سطح تراز آب زیرزمینی بر رویش قطری توسکای قشلاقی توجه نشان داده‌اند، تفسیر دقیق این نتایج به بررسی اثر مستقل عوامل اقلیمی بر پهنای حلقهٔ رویش و دیگر ویژگی‌های آناتومی چوب این گونه نیاز دارد. ازاین‌رو در این پژوهش، نحوهٔ تأثیر عوامل اقلیمی بر رویش درختان و ویژگی‌های آوندی توسکای قشلاقی در رویشگاه پارک جنگلی شهرستان آستارا بررسی شد. در این رویشگاه، ۱۱ اصله درخت انتخاب شد و پس از آماده سازی های اولیه، مقطع عرضی دو یا سه باریکهٔ مغز به پوست هر درخت اسکن شد. پس از تمایز حلقه‌های رویشی، با استفاده از نرم‌افزار پردازش تصویر، پهنای حلقهٔ رویشی و چند ویژگی آوندی در ۲۰ حلقهٔ رویشی آخر هر درخت اندازه‌گیری و ارتباطشان با عوامل مختلف اقلیمی در دوره‌های ماهیانه، فصلی و سالیانه بررسی شد. نتایج نشان داد که در بازه‌های بلندمدت، تنها اندازهٔ آوندها همبستگی معنی‌داری با متغیرهای آب‌وهوایی دارد. در این رویشگاه، بارندگی موجب بزرگ‌تر شدن اندازهٔ آوندها می‌شود و افزایش شدت تبخیر آب، اندازهٔ آوندها را کاهش می‌دهد. به‌علت نبود گرایش سنی در سری‌های زمانی ویژگی‌های آوندی و همبستگی‌های بیشتر و قوی‌تر این ویژگی‌ها (به‌خصوص اندازه و فراوانی آوندها) با تغییرات ماهیانهٔ اقلیمی، استفاده از این ویژگی‌ها در پژوهش‌های اقلیم‌شناسی درختی بر روی این گونه پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: اقلیم، آناتومی چوب، پهنای حلقهٔ رویش، ویژگی‌های آوندی.

[*] نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۲۶۳۲۲۴۹۳۱۱
Email: oladi@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

عوامل مؤثر بر رشد درخت را می‌توان به دو دستهٔ کلی عوامل اقلیمی و غیراقلیمی تقسیم کرد. برخی از مهم‌ترین عوامل اقلیمی عبارت‌اند از دما، بارندگی، نور خورشید و رطوبت نسبی؛ عامل‌های غیراقلیمی نیز عبارت‌اند از سن درخت، تفاوت‌های ژنتیکی، رقابت بین درختان، فعالیت‌های انسانی و غیره. از منظری دیگر، می‌توان عوامل مؤثر بر رویش درختان را به دو گروه بیرونی و درونی نیز تقسیم کرد. به‌هرروی، برهم‌کنش پیچیده‌ای بین مجموعهٔ این عوامل، فرایندهای فیزیولوژی درخت را در کنترل دارد و بدین‌سان، نرخ رویش و دیگر ویژگی‌های بافت چوبی هر حلقهٔ رویشی را تعیین می‌کند. برای بررسی ارتباط عوامل اقلیمی و رشد درختان، از پهنای حلقهٔ رویشی استفاده می‌شود و بر این اساس تاکنون اطلاعات ارزشمندی در مورد اقلیم گذشته در نقاط مختلف زمین حاصل آمده است؛ برای مثال، تغییرات در بارندگی و دمای تابستان اروپای مرکزی در طی ۲۵۰۰ سال گذشته با استفاده از این شیوه‌ها بازسازی شده‌اند [۱]. از دههٔ ۷۰ میلادی و با پیشرفت فناوری‌های دیجیتال و اندازه‌گیری‌های خودکار، استفاده از ساختارهای آناتومی چوب در علوم گاه‌شناسی و اقلیم‌شناسی درختی اهمیت یافته است [۲، ۳]. نمایه‌های[1] آناتومی چوب و به‌خصوص ویژگی‌های آوندی مانند اندازه و تعداد آوندها، اطلاعات بیشتری دربارهٔ شرایط محیطی دراختیار می‌گذارد؛ اطلاعاتی که ممکن است تنها با مطالعهٔ پهنای حلقه‌های رویشی به‌دست نیایند [۳].

توسکای قشلاقی (*Alnus glutinosa*) گونه‌ای نورپسند است که رشد سریعی دارد، ولی سن دیرزیستی آن کم است. ازآنجا که این گونه، پیشرو بوده و قابلیت رشد در کنار آبگیرها و دشت‌های سیلابی را دارد، تاکنون چندین پژوهش در جهان برای بازسازی تغییرات سطح تراز آبی دریاچه‌ها در گذشته با استفاده از تغییرات پهنای حلقهٔ این درختان انجام گرفته است [٤–٨]. با این‌حال احتمالاً به‌دلیل تداخل تأثیر عوامل آب‌وهوایی، نتایج این پژوهش‌ها به‌طور معمول متفاوت یا متناقض بوده‌اند. ازاین‌رو، پژوهشی که نقش مستقل عوامل اقلیمی بر رویش توسکای قشلاقی را تبیین کند به تفسیر نتایج پژوهش‌های هیدرولوژی کمک خواهد کرد. با این‌حال، پژوهش‌های مستقلی که به تأثیر عوامل آب‌وهوایی بر پهنای حلقهٔ رویش بپردازند به‌مراتب کمترند یا اصلاً وجود ندارند. این اطلاعات برای فهم اکولوژی این گونهٔ خزان‌کننده و تأثیرات کوتاه‌مدت تغییرات اقلیمی بر آن ضروری است [٦، ٧]. علاوه‌بر این، به‌تازگی، به ویژگی‌های آوندی این گونه نیز توجه شده و با استفاده از اندازه و تعداد آوندهای چوبی، رخدادهای زمین‌ریخت‌شناسی یا هیدرولوژی منطقهٔ رویشی بررسی و بازسازی شده‌اند [۹]؛ اما تأثیر مستقل اقلیم بر این نمایه‌های آناتومی چوب در جنس توسکا تا کنون بررسی نشده و ظرفیت این ویژگی‌ها برای بررسی اثرهای اقلیمی همچنان نامشخص است. به‌دلیل رطوبت‌پسندی بسیار این جنس و قدرت زیاد آن در جذب آب، می‌توان فرض کرد که ویژگی‌های آوندی این گونه، در مناطقی که سطح تراز آبی پایین‌تر است، متأثر از عوامل اقلیمی و به‌خصوص بارندگی یا رطوبت خاک باشد. ازاین‌رو، در این پژوهش تلاش شد تأثیر عوامل اقلیمی بر تغییرات پهنای حلقهٔ رویش در این گونه بررسی شده و همچنین همبستگی‌های احتمالی

1. Proxy

www.SID.ir

Archive of SID

ویژگی‌های آوندی درختان توسکا با عوامل اقلیمی چون بارندگی و دما در یک منطقهٔ جنگلی تبیین شود. پهنای حلقه‌های رویش و نمایه‌های آناتومی این گونه ممکن است هر کدام به عامل یا عواملی ویژه وابسته باشند. بنابراین، پرسش دیگر پژوهش این است که آیا ویژگی‌های آوندی این گونه اطلاعات متفاوتی نسبت به پهنای حلقهٔ رویش در خود ذخیره می‌کنند یا خیر؟

کمابیش در همهٔ پژوهش‌های گاه‌شناسی درختی، ارتباط اقلیم و متغیرهای آناتومی چوب (پهنای حلقهٔ رویش، ویژگی‌های آوندی آن حلقه و ...) با استفاده از ضرایب همبستگی بررسی می‌شوند. با این حال بازه‌های زمانی داده‌های آب‌وهوایی مورد استفاده برای اعمال این همبستگی‌ها متفاوت‌اند؛ در بسیاری از موارد، این داده‌ها به‌شکل میانگین/ مجموع ماهیانه استفاده می‌شود؛ اما گاهی داده‌های فصلی و سالیانه و گاهی ترکیبی از این بازه‌ها به‌کار گرفته می‌شود. کیفیت نتایج حاصل از این شیوه‌ها ممکن است متفاوت باشد. هدف پایانی پژوهش این است که سه شیوهٔ معمول‌تر همبستگی ماهیانه، فصل رویشی و سالیانه با نمایه‌های رشد بررسی و مقایسه شود تا مشخص شود کدام یک از این شیوه‌ها برای بررسی ارتباط اقلیم و رویش در این گونه مناسب‌تر است.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ تحقیق

شهرستان آستارا در غربی‌ترین منطقهٔ استان گیلان واقع شده است. پارک جنگلی بی‌بی یانلو واقع در روستای بی‌بی یانلو به وسعت ۱۵۱۲ هکتار، جزء جنگل‌های هیرکانی غربی و جنگل‌های میان‌بند محسوب می‌شود که در ضلع جنوب غربی و در فاصلهٔ ۵ کیلومتری آستارا واقع شده است. آستارا با در حدود ۱۲۰ روز بارش میانگین سالانه از نقاط پربارش کشور محسوب می‌شود. آب وهوای آستارا معتدل و مرطوب و مجموع بارندگی سالانهٔ آن ۱۳۲۸ میلی‌متر و میانگین دمای سالانهٔ آن ۱۵/٤ درجهٔ سانتی‌گراد است (ایستگاه هواشناسی آستارا، دورهٔ ۱۳۹۱-۱۳٦۵). میانگین رطوبت نسبی سالانه در این منطقه ۷۹ درصد اندازه گیری شده است (ایستگاه هواشناسی آستارا، دورهٔ ۱۳۹۱-۱۳۷۰). بیشینهٔ دمای ماهیانهٔ ثبت‌شده در این منطقه ۳۳/۱ درجهٔ سانتی‌گراد (تیر ۱۳۸۹) و کمینهٔ دمای ماهیانهٔ ثبت شده در آن ۰/۷ – درجهٔ سانتی‌گراد (دی ۱۳۸٦) بوده است (ایستگاه هواشناسی آستارا، دورهٔ ۱۳۹۱-۱۳۷۱).

شکل ۱. موقعیت منطقهٔ تحقیق؛ نقطهٔ سیاه منطقهٔ نمونه‌برداری را در رویشگاه پارک جنگلی نشان می‌دهد

www.SID.ir

Archive of SID

نحوهٔ انتخاب درختان و نمونه‌برداری

در آبان ۱۳۹۱، تعدادی از درختان توسکا در منطقهٔ تحقیق توسط ادارهٔ منابع طبیعی شهرستان آستارا قطع شدند. از بین درختان قطع شده، ۱۱ درخت قطور با تنهٔ استوانه‌ای برگزیده شدند. درختان گزینش‌شده تقریباً در یک منطقه و با فاصلهٔ کمی از هم قرار داشتند (طول جغرافیایی ٤٨ درجه و ٤٧ دقیقهٔ شرقی، عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ٢٦ دقیقهٔ شمالی و ارتفاع ۲۷ متر بالاتر از سطح دریای آزاد؛ شکل ۱) و میانگین قطر یقهٔ آنها بین ۳۵ تا ۵۰ سانتی‌متر بود. پس از انتخاب درختان مورد نظر، در آذر ۱۳۹۱، دیسک‌هایی به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر از منطقهٔ یقهٔ کنده‌های باقی‌مانده تهیه شد و پس از کدگذاری به دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران انتقال یافت. میانگین سن درختان گزینش‌شده ۳ ± ٢٤ سال بود.

نحوهٔ آماده‌سازی نمونه‌ها

سطح دیسک‌های تهیه‌شده از درختان رویشگاه پارک جنگلی به‌وسیلهٔ سنبادهٔ برقی صیقل داده شد تا ناهمواری‌های شدید حاصل از ارهٔ نواری از بین رود. پس از سنباده‌زنی سطح دیسک‌ها، در هر دیسک، سه راستا انتخاب و بریده شد. با توجه به دایره‌ای نبودن سطح مقطع، تلاش شد تا کوتاه‌ترین و بلندترین راستای مغز تا پوست تعیین شوند. این دو راستا به‌ترتیب به عنوان راستای آلفا (α) و بتا (β) نام‌گذاری شدند. راستای سوم که حد واسط این دو بود نیز با عنوان گاما (γ) علامت‌گذاری شد. از هر یک از این راستاها، دو باریکهٔ متوالی A و B تهیه شد (در مجموع شش باریکه از هر دیسک؛ شکل ۲). این باریکه‌ها زیر استریومیکروسکوپ بررسی شدند تا حدود مرز حلقه های رویش در آنها مشخص شوند. سپس این باریکه‌ها توسط اسکالپر به قطعاتی متوالی با طولی بین ۳ تا ۵ سانتی‌متر تقسیم شدند (شکل ۳). با استفاده از میکروتوم، مقطع‌های عرضی از این قطعات تهیه و رنگ‌آمیزی شده و بر روی لام میکروسکوپی تثبیت شدند. برش‌های میکروتومی سبب صاف شدن سطح این باریکه‌ها شد و پس از خشک شدن آنها، با استفاده از شیوهٔ گچ سفید و ماژیک سیاه، حفره های آوندی به‌رنگ سفید و بافت زمینه به‌رنگ سیاه درآمدند. در نهایت مقطع عرضی این نمونه‌ها با قدرت تفکیک dpi ٤٨٠٠ اسکن شدند (شکل ۳). برای تشخیص مرز حلقه‌های رویشی، مقایسه‌ای بین تصاویر اسکن‌شده و تصاویر متناظر میکروسکوپی انجام گرفت. پس از تمایز حلقه‌های رویشی، اندازه‌گیری‌ها با نرم‌افزار Image J انجام گرفت.

اندازه گیری ویژگی‌های آناتومی حلقهٔ رویش

تصاویر حاصل از اسکن باریکه‌ها به نرم‌افزار Image J منتقل شد و پس از اعمال مقیاس آنها و ویرایش‌های مقدماتی، محدودهٔ مناسبی از یک حلقهٔ رویش که شامل تعداد مناسبی آوند باشد از حلقهٔ رویشی بررسی‌شده انتخاب شد. مساحت محدودهٔ آنالیزشده در هر حلقهٔ رویشی بین ۰/۵ تا ۲ میلی‌متر مربع بود. در این پژوهش، با استفاده از این نرم‌افزار، ویژگی‌های زیر در ۲۰ حلقهٔ رویشی آخر هر درخت اندازه‌گیری شد:

– *پهنای حلقهٔ رویشی*: در سه تا پنج نقطه از یک حلقهٔ رویشی، خطی در امتداد اشعه‌ها و عمود بر مرز حلقه‌های رویشی رسم شده و میانگین آنها به‌عنوان پهنای حلقهٔ رویشی آن حلقه گزارش شد؛ (mm)

– *میانگین اندازهٔ آوندها*: مجموع مساحت آوندها

www.SID.ir

Archive of SID

در محدودهٔ آنالیز شده / تعداد آوندها در آن محدوده؛ (μm^2)

- *تعداد آوند در واحد سطح*: تعداد آوند شمارش‌شده در محدودهٔ آنالیزشده / مساحت محدودهٔ آنالیزشده؛ ($1 / mm^2$)

- *تخلخل حلقه*: مجموع مساحت آوندها در محدودهٔ آنالیزشده / مساحت محدودهٔ آنالیزشده؛ (%)

روند تغییرات پهنای حلقه‌های رویشی به‌دست‌آمده از سه راستا (باریکه) هر درخت با هم مقایسه شدند. درختانی که تغییرات پهنای حلقهٔ رویشی آنها دست‌کم در دو راستا از سه راستای اندازه‌گیری شده تطابق خوب و همبستگی زیاد (ضریب همبستگی بیش از ۰/۷) نشان دادند باقی ماندند و درختانی که در هیچ یک از سه راستا تطابق خوبی نداشتند از محاسبات بعدی حذف شدند. بدین‌سان، از ۱۱ درخت، ۸ درخت باقی‌مانده و ۳ درخت حذف شدند. در مرحلهٔ بعد، با میانگین گیری از پهنای حلقهٔ رویش در دو یا سه راستای همخوان هر درخت، برای هر درخت یک روند تغییر پهنای حلقهٔ رویش برای دورهٔ بیست‌ساله ساخته شد. آنگاه همخوانی این روند تغییرات بین هشت درخت مقایسه شد. در این مرحله نیز، یک درخت به‌دلیل ناهمخوانی با بقیهٔ درختان حذف شد و در نهایت با میانگین گیری از پهنای حلقهٔ رویشی هفت درخت باقی‌مانده، سری زمانی پهنای حلقهٔ رویشی برای آن رویشگاه محاسبه و ترسیم شد. برای میانگین‌گیری از ویژگی‌های آوندی و ترسیم سری زمانی این ویژگی‌ها نیز تنها این هفت درخت لحاظ شدند.

داده‌های اقلیمی استفاده‌شده

برای بررسی تأثیر پارامترهای آب‌وهوایی بر پهنای حلقهٔ رویشی و ویژگی‌های آوندی گونهٔ توسکا، اطلاعات میانگین درجهٔ حرارت ماهیانه، میانگین رطوبت نسبی ماهیانه، مجموع بارندگی ماهیانه، میانگین ساعات آفتابی ماهیانه و میانگین تبخیر ماهیانه از ایستگاه هواشناسی آستارا برای سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۹۱ گردآوری شد. ایستگاه هواشناسی آستارا در طول جغرافیایی ′۲۲ °۳۸ شمالی و عرض جغرافیایی ′۵۱ °۴۸ شرقی واقع شده و ارتفاع از سطح دریای آن ۲۱ متر پایین‌تر از سطح دریاهای آزاد است. علاوه‌بر داده‌های ماهیانه، برای برآورد میانگینی سالیانه از متغیرهای اقلیمی ذکرشده در بالا، به‌جای سال تقویمی از سال رویشی استفاده شد. بدین شکل که برای میانگین‌گیری و ارائهٔ کمیت‌های سالیانه، سه ماه پیش از فصل رویش (ابتدای دی تا انتهای اسفند) و شش ماه فصل رویش (ابتدای فروردین تا انتهای شهریور) لحاظ شدند. به‌عبارت دیگر، میانگین درجهٔ حرارت سالیانه، میانگین رطوبت نسبی سالیانه، میانگین ساعت های آفتابی سالیانه و میانگین تبخیر سالیانه با میانگین‌گیری از داده‌های متناظر ماهیانه بین ماه‌های دی تا شهریور محاسبه شدند و مجموع بارندگی ماهیانه برابر است با مجموع بارندگی‌ها در این ماه‌ها.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

سری‌های زمانی ویژگی‌های آناتومی بررسی‌شده برای دورهٔ زمانی ۱۳۹۱-۱۳۷۳ ترسیم شدند. درختان در جوانی قدرت رویشی بیشتری دارند و به‌طور معمول پهن‌ترین حلقه‌های رویشی در این دوران شکل می‌گیرند. زیاد بودن پهنای حلقه‌های رویشی نخستین در مقایسه با حلقه‌های بعدی، موضوعی ژنتیکی است و درنتیجه در برآورد تأثیر عوامل اقلیمی بر پهنای حلقهٔ رویشی انحراف ایجاد می‌کند. به این دلیل، دو

www.SID.ir

Archive of SID

تا پنج حلقهٔ نخست نزدیک مغز درختان درنظر گرفته نشد. علاوه‌بر این، به‌طور معمول در پژوهش‌های این‌چنینی گرایش سنی از سری زمانی پهنای حلقهٔ رویش حذف می‌شوند[1] که در این پژوهش نیز چنین شد. ازآنجا که در سه ویژگی آوندی دیگر، این گرایش سنی مشاهده نشد، این استانداردسازی برای این ویژگی‌ها انجام نگرفت. ارتباط بین عوامل اقلیمی و ویژگی‌های آناتومی – به‌شکل ماهیانه، فصلی و سالیانه– با استفاده از همبستگی اسپیرمن بررسی شد. همبستگی متغیرهای اقلیمی ماهیانه (از فروردین تا شهریور) با هر ویژگی آناتومی با استفاده از نقشه‌های حرارتی[2] به نمایش درآمد. همهٔ محاسبات آماری با نرم‌افزار IBM SPSS نسخهٔ ۲۰ و رسم نمودارها با نرم‌افزار Microsoft Excel 2010 و Origin Pro 9 انجام گرفت.

نتایج و بحث

سری زمانی ویژگی‌های آناتومیِ چوبِ مورد بررسی برای دورهٔ زمانی ۱۳۹۱-۱۳۷۳ در شکل ٤ نشان داده شده است. با توجه به شکل می‌توان دریافت که روند تغییرات پهنای حلقهٔ رویش کاهشی است. این روند کاهشی ناشی از گرایش سنی است؛ به‌نحوی که درختان در جوانی حلقه‌های پهن‌تری دارند و با ورود به بلوغ، تغییرات اندازهٔ پهنای حلقهٔ رویش در دامنهٔ معینی قرار می‌گیرد. برای بررسی اثر اقلیم بر پهنای حلقهٔ رویش درختان، این گرایش سنی حذف شد. با این‌حال، در دیگر ویژگی‌های بررسی‌شده، اثری از گرایش سنی دیده نمی‌شود. نبود گرایش سنی در سری زمانی این ویژگی‌ها، در چنین پژوهش‌هایی نکتهٔ مفیدی است و این احتمال را که این ویژگی‌ها بیشتر متأثر از عوامل خارجی باشند افزایش می‌دهد.

جدول ۱ ارتباط بین عوامل اقلیمی و ویژگی‌های آناتومی را – در بازه‌های سالانه و فصلی– نشان می دهد. همان‌طور که در جدول مشخص است، به غیراز اندازهٔ آوندها، هیچ‌یک از ویژگی‌های آناتومی همبستگی معنی‌داری با متغیرهای آب وهوایی در این بازه‌ها نشان نداد. به‌طور خاص و به‌عنوان پرسش این پژوهش، ارتباطی بین تغییرات پهنای حلقه های رویش و عوامل اقلیمی یافت نشد. در پژوهش هایی که ارتباط تغییرات پهنای حلقهٔ رویشی توسکا با عوامل بیرونی بررسی شده، نتایج متفاوتی به دست آمده است [٤-۸]. علی‌رغم این اختلافات، بیشتر پژوهش های مذکور بر این نکته تأکید دارند که حساسیت رشد قطری درختان توسکا به تغییرات سالیانهٔ آب‌وهوایی در رویشگاه‌های مختلف تفاوت دارد و به‌شدت متأثر از سطح آب زیرزمینی یا دوری و نزدیکی درختان به منبع آبی است [۵، ۷]، به‌طوری که در مناطقی که سطح آب زیرزمینی عمیق‌تر یا دسترسی درخت به آب کمتر است، رشد درخت بیشتر تحت تأثیر تنش‌های خشکی قرار می‌گیرد [٦]. از این رو، عدم ارتباط کلی پهنای حلقهٔ رویش و عوامل اقلیمی ممکن است نشان‌دهندهٔ نبود تنش خشکی در رویشگاه بررسی‌شده باشد. علاوه‌بر این، ممکن است برهم‌کنشی از این متغیرهای آب وهوایی بر رشد شعاعی اثرگذار بوده باشد [۱۰]، به‌نحوی که اثر مستقل هر یک از این متغیرهای اقلیمی را پوشانده باشد. برای مثال، نشان داده شده است که شاخص

1. Age Detrending
2. Heat map

www.SID.ir

Archive of SID

شدت خشکی پالمر[1] نسبت به دما یا رطوبت به‌تنهایی، ارتباط قوی‌تری با پهنای حلقه‌های رشد گونه‌ای از توسکا دارد [۵].

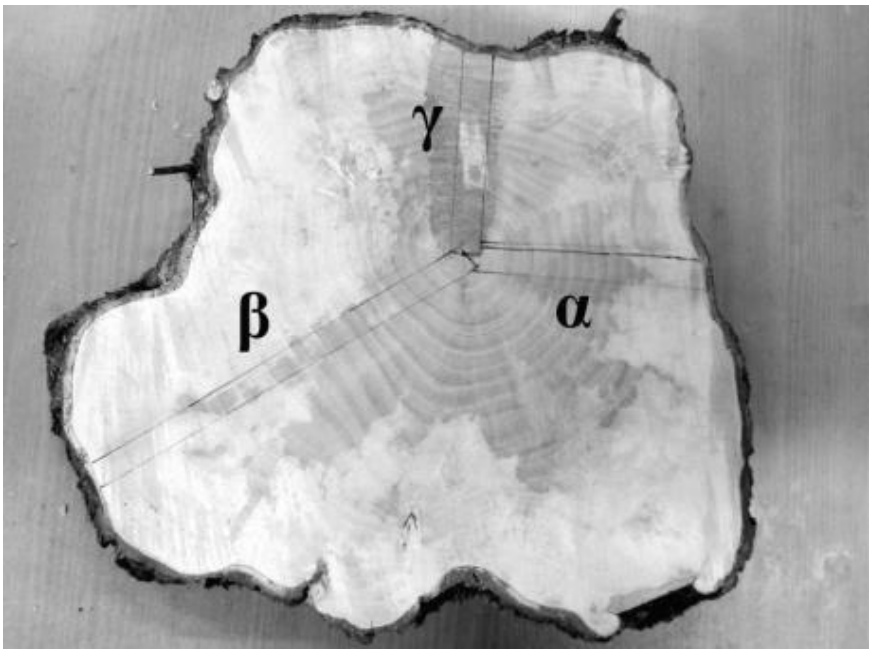
میانگین اندازهٔ آوندها تنها ویژگی‌ای بود که با متغیرهای اقلیمی در بازه‌های سالانه و فصلی همبستگی نشان داد. در تفسیر این که از میان ویژگی‌های آوندی، چرا تنها میانگین اندازهٔ آوندها با پارامترهای اقلیمی همبستگی معنی‌داری دارد باید به این موضوع توجه داشت که در اقلیم‌ها یا گونه‌های مختلف، نوع و شدت ارتباط ویژگی‌های آوندی با عوامل اقلیمی ممکن است متفاوت باشد. در درختان توسکای بررسی‌شده، اندازهٔ آوندها متأثر از متغیرهای مرتبط با رطوبت (تبخیر و بارندگی) بود، به‌نحوی که افزایش رطوبت خاک یا هوا (با افزایش بارش)، سبب ایجاد آوندهای درشت‌تری می‌شود و برعکس، افزایش تبخیر به ایجاد آوندهای ریزتری می‌انجامد. در دیگر گونه‌های پراکنده آوند رشدیافته در اقلیم‌های مشابه نیز به‌طور معمول ارتباط مثبتی بین اندازهٔ آوندها و بارندگی/ رطوبت دیده شد (برای مثال [۱۱، ۱۲]). ثابت شده است که در برخی گونه‌ها، دسترسی به آب فراوان با افزایش فشار تورژسانس و گسترش سریع آوندها سبب افزایش اندازهٔ آنها می‌شود [۱۱]. افزون‌بر این، بارندگی بیشتر موجب دسترسی راحت‌تر ریشه‌ها به آب می‌شود و ازآنجا که درصورت نبود محدودیت‌های محیطی، درختان به افزایش اندازهٔ آوندها تمایل دارند، میانگین اندازهٔ آوندها افزایش می‌یابد. برعکس، تبخیر زیاد از یک طرف رطوبت خاک را کاهش و از طرف دیگر نرخ تعرق برگ را افزایش می‌دهد و بنابراین درخت ترجیح می‌دهد آوندهای کوچک‌تری تولید کند.

ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های آناتومی و متغیرهای ماهیانهٔ آب‌وهوایی ماهیانه نشان داد که در طی فصل رویش، تعداد آوند در واحد سطح، میانگین اندازهٔ آوندها، تخلخل و پهنای حلقهٔ رویش به‌ترتیب با ۱۱، ٦، ۳ و ۲ همبستگی معنی‌دار، بیشترین تعداد همبستگی معنی‌دار با متغیرهای اقلیمی را دارند (شکل ۵). علاوه‌بر این، قوی‌ترین و بیشترین تعداد همبستگی‌ها در ماه‌های فروردین و اردیبهشت دیده شدند. بررسی این نتایج و مقایسهٔ آنها با همبستگی‌های متناظر در بازه‌های سالیانه و فصل رویشی نشان داد که احتمال یافتن همبستگی معنی‌دار بین عوامل اقلیمی و متغیرهای آناتومی چوب در بازه‌های زمانی کوتاه‌مدت (ماهیانه) بیشتر است. با این‌حال، برای یافتن عامل اصلی تأثیرگذار اقلیمی، استفاده از میانگین داده‌های اقلیمی در بازه‌های بلندمدت‌تر (سالیانه) مفیدتر است؛ به‌طوری که در این پژوهش با استفاده از داده‌های بلندمدت مشخص شد اندازهٔ آوندها، تأثیرپذیرترین ویژگی آناتومی از اقلیم است که به رطوبت (در شکل‌های مختلف آن) وابسته است؛ اما تفسیر تک‌به‌تک همبستگی‌های عوامل اقلیمی با آناتومی در بازه‌های ماهیانه، پیچیده است و گاهی غیرممکن به‌نظر می‌رسد. علی‌رغم این واقعیت، بررسی ارتباط اقلیم و متغیرهای آناتومی در بازه‌های ماهیانه، می‌تواند در شناخت مهم‌ترین ماه‌های سال برای رشد درخت به ما کمک کند؛ چنانچه در این پژوهش مشخص شد دو ماه فروردین و اردیبهشت حساس‌ترین ماه‌ها برای درختان توسکا هستند و در این ماه‌ها، درختان بیشترین تأثیر را از اقلیم پیرامون می‌گیرند.

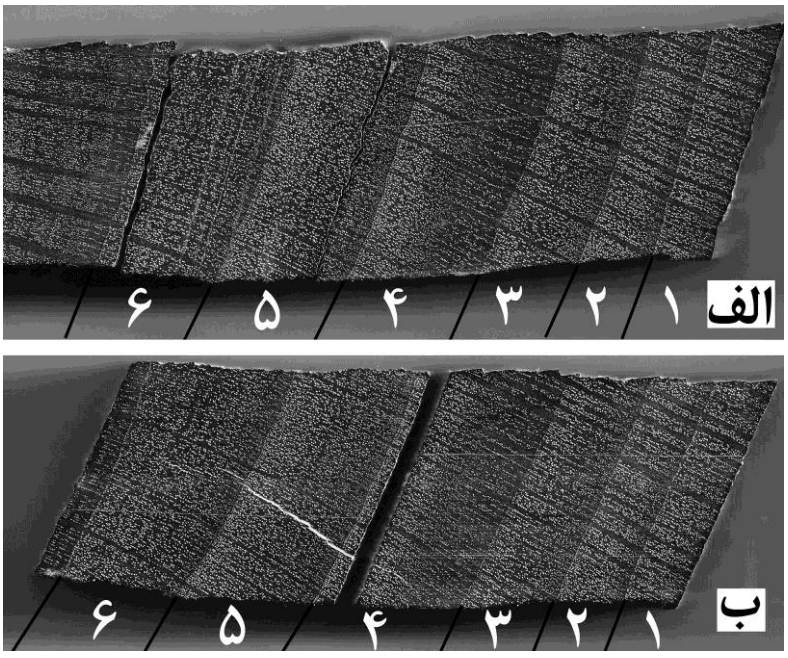
1. Palmer Drought Severity Index

www.SID.ir

Archive of SID



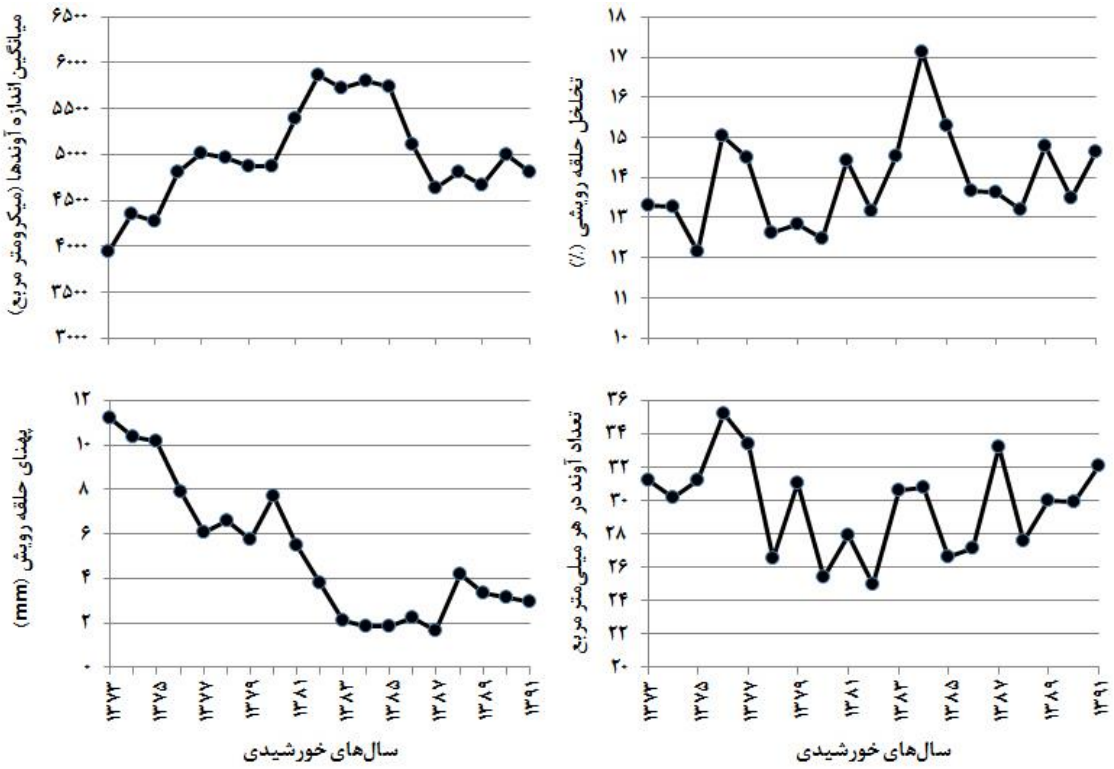
شکل ۲. موقعیت باریکه‌های چوبی پوست تا مغز در دیسک‌ها



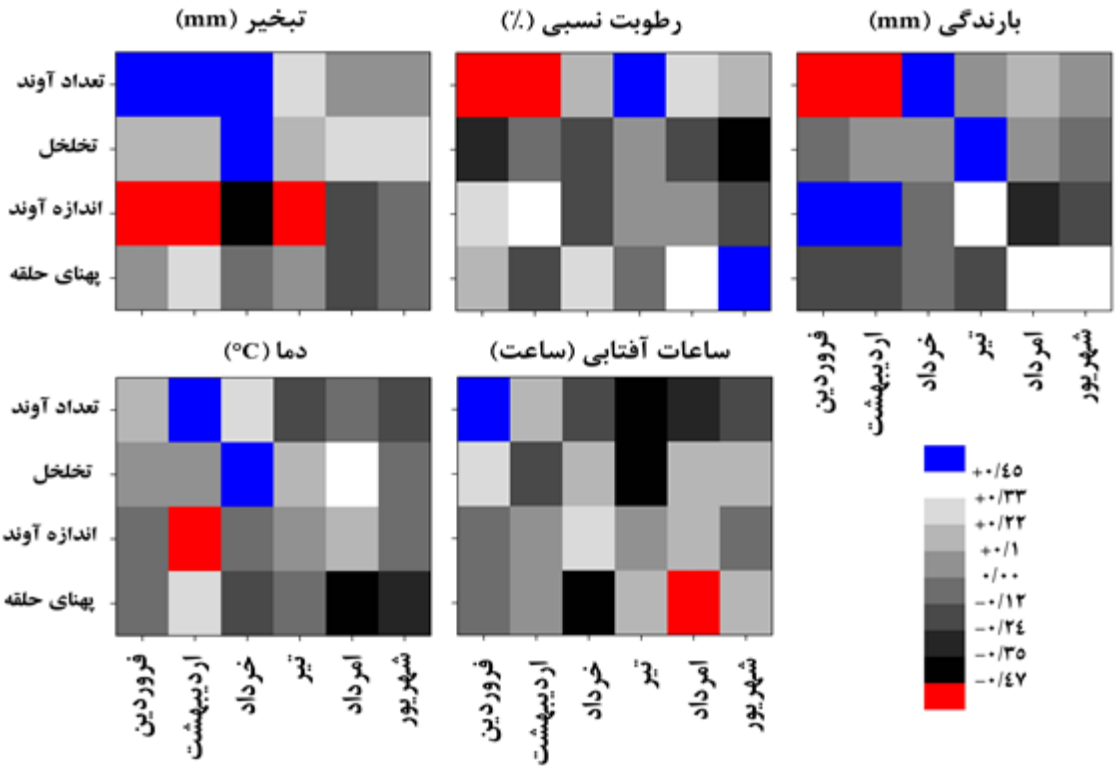
شکل ۳. قطعات متوالی دو باریکهٔ چوبی تهیه‌شده از یک جهت دیسک برای اندازه‌گیری پهنای حلقهٔ رویش و ویژگی‌های آوندی؛ ویژگی‌های حلقه‌ای که در باریکهٔ بالایی (الف) تکه شده و کامل نیست (حلقهٔ ٦) از روی حلقهٔ متناظر آن در باریکهٔ پایینی (ب) اندازه‌گیری می‌شود و برعکس، دوتکه شدن حلقهٔ شمارهٔ ٤ در باریکهٔ پایینی با داشتن تصویری از حلقهٔ کامل متناظر آن در باریکهٔ بالایی جبران می‌شود

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤. سری زمانی تغییرات پهنای حلقهٔ رویش و ویژگی‌های آوندی درختان توسکا در سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۷۳



شکل ٥. همبستگی متغیرهای اقلیمی ماهیانه در طی فصل رویش (از فروردین تا شهریور) با هر ویژگی آناتومی؛ ترسیم‌شده با نقشه‌های حرارتی. در این نمودارها، رنگ‌های آبی و قرمز به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ همبستگی معنی‌دار مثبت و منفی دو متغیر با یکدیگرند

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. ارتباط عوامل اقلیمی و ویژگی‌های آناتومی در رویشگاه پارک جنگلی. «الف» حالتی است که نه ماه در نظر گرفته شده (سه ماه پیش از فصل رویش و شش ماه دورهٔ رویش) و «ب» حالتی است که تنها داده‌های شش ماه فصل رویش در نظر گرفته شده‌اند. همبستگی‌های معنی‌دار با رنگ خاکستری نشان داده شده‌اند

	دما (°c)		رطوبت نسبی (٪)		بارندگی		ساعات آفتابی		تبخیر	
	الف	ب	الف	ب	الف	ب	الف	ب	الف	ب
پهنای حلقهٔ رویش	−۰/۲۷	−۰/۲۸	۰/۴۳	۰/۳۱	−۰/۰۰	−۰/۰۵	−۰/۴۱	−۰/۳۵	۰/۳	−۰/۰۸
میانگین اندازهٔ آوندها	۰/۰۵	−۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۲	۰/۴۱ *	۰/۴۴	۰/۳۲	۰/۱۵	−۰/۴۹ *	−۰/۴۷ *
درصد تخلخل	۰/۱۳	۰/۲۶	−۰/۰۹	−۰/۲۸	۰/۱	۰/۲۹	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۳۹
تعداد آوند در واحد سطح	−۰/۱۳	۰/۱۸	−۰/۱۸	−۰/۰۴	−۰/۰۳	−۰/۱۶	−۰/۰۴	−۰/۰۴	۰/۳۱	۰/۳۶

***معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد**

نتیجه‌گیری

در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که در این گونه/رویشگاه، ارتباط مستحکمی بین پهنای حلقه و عوامل اقلیمی معمول وجود ندارد، اما ویژگی‌های آوندی این گونه اطلاعات متفاوتی نسبت به پهنای حلقهٔ رویش در خود ذخیره می‌کنند و برای بررسی تأثیر عوامل محیطی بر این درختان، بررسی ویژگی‌های آوندی (به‌خصوص اندازهٔ آوندها) مفیدتر یا مکمل اندازه‌گیری تغییرات پهنای حلقهٔ رویشی است. در نهایت، انتخاب بازهٔ زمانی مناسب برای ارتباط دادن عوامل اقلیمی با رویش، بسته به هدف پژوهش متفاوت است؛ برای یافتن اثر اقلیمی غالب، بازه‌های بلندمدت‌تر (سالیانه) توصیه شده، درحالی که بازه‌های ماهیانه، جزئیات بیشتر و در عین‌حال پیچیده‌تر و مبهم‌تری از این نحوهٔ ارتباط به‌دست می‌دهند.

www.SID.ir

Archive of SID

References

[1]. Speer, J.H. (2010). Fundamentals of Tree-Ring Research. The University of Arizona Press, Tucson. 368 pp.

[2]. Eckstein, D., and Frisse, E. (1982). The Influence of Temperature and Precipitation on Vessel Area and Ring Width of Oak and Beech. In: Hughes, M.K., Kelly, P.M., Pilcher, J.R., LaMarche, V.C.(eds) Climate From Tree Rings. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 12–13.

[3]. Fonti, P., von Arx, G., Garcia-Gonzalez, I., Elimann, B., Sass-Klaassen, U., Gartner, H., and Eckstein, D. (2010). Studying global changes through investigation on the plastic responses of xylem anatomy in tree rings. New Phytologist, 185: 42–63.

[4]. Laganis, J., Pečkov, A., and Debeljak, M. (2008). Modeling radial growth increment of black alder (*Alnus glutionsa* (L.) Gaertn.) tree. Ecological Modelling, 215 (1–3):180-189.

[5]. Nossov, D.R., Ruess, R.W., and Hollingsworth, T.N. (2010). Climate sensitivity of thinleaf alder growth on an interior Alaskan floodplain. Ecoscience, 17 (3):312-320.

[6]. Elferts, D., Dauškane, I., Usele, G., and Treimane, A. (2011). Effect of water level and climatic factors on the radial growth of black alder. In: Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B: Natural, Exact, and Applied Sciences, 65 (5-6):164-169.

[7]. Rodríguez-González, P.M., Campelo, F., Albuquerque, A., Rivaes, R., Ferreira, T., and Pereira, J.S. (2014). Sensitivity of black alder (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) growth to hydrological changes in wetland forests at the rear edge of the species distribution. Plant Ecology, 215 (2):233-245.

[8]. van der Maaten, E., Buras, A., Scharnweber, T., Simard, S., Kaiser, K., Lorenz, S., van der Maaten-Theunis-sen, M., and Wilmking, M. (2014). Dendrochronology and lakes: using tree-rings of alder to reconstruct lake levels. In: Geophysical Research Abstracts (EGU General Assembly). April 27 - May 2, Vienna, Austria, pp. 2014-2549.

[9]. Arbellay, E., Stoffel, M., and Bollschweiler, M. (2010). Wood anatomical analysis of *Alnus incana* and *Betula pendula* injured by a debris-flow event. Tree Physiology, 30 (10):1290-1298.

[10]. Seo, J.W., Eckstein, D., Jalkanen, R., and Schmitt, U. (2011). Climatic control of intra- and inter-annual wood-formation dynamics of Scots pine in northern Finland. Environmental and Experimental Botany, 72 (3):422-431.

[11]. Sass, U., and Eckstein, D. (1995). The variability of vessel size in beech (*Fagus sylvatica* L.) and its ecophysiological interpretation. Trees, 9:247–25.

[12]. Pourtahmasi, K., Lotfiomran, N., Brauning, A., and Parsapajouh, D. (2011). Tree-ring width and vessel characteristics of oriental beech (*Fagus Orientalis*) along an altitudinal gradient in the caspian forests, northern Iran. IAWA Journal, 32 (4):461-473.

www.SID.ir